CONTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE
ET TOPOGRAPHIQUE

A L'ÉTUDE DES

CIRQUES DE MONTAGNES

(ALPES FRIBOURGEOISES ET TATRA)

PAR LE

Dr MATHIAS KONCZA

FRIBOURG (Suisse)
IMPRIMERIE FRAGNIÈRE FRÈRES
—
1909

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545307_0033

CONTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE ET TOPOGRAPHIQUE

A L'ÉTUDE DES

CIRQUES DE MONTAGNES

(ALPES FRIBOURGEOISES ET TATRA)

THÈSE

PRÉSENTÉE A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE FRIBOURG (SUISSE)
POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES NATURELLES

PAR

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

MATHIAS KONCZA
de Szeszolki (Lithuanie)

FRIBOURG (SUISSE)
IMPRIMERIE FRAGNIÈRE FRÈRES

1909

LES
CIRQUES DE MONTAGNES
(ALPES FRIBOURGEOISES ET TATRA)

Introduction. Cette petite étude est un essai d'explication de la formation des petits cirques de montagne, dans lesquels il y avait autrefois un petit glacier individuel, qui fonctionnait d'après des lois spéciales et partiellement inconnues encore, déposait une moraine, érodait les parois, etc... et lui donnait ses formes caractéristiques. Ces formes sont produites par l'érosion glaciaire et leur formation par conséquent, dépend des conditions du glacier même, lequel de nouveau, dépend absolument du climat, et plus précisément de la limite des neiges éternelles.

Nous observons partout de grandes différences d'altitude entre les divers cirques, suivant qu'ils sont situés sur les versants sud ou les versants nord ; toutes les fois que le climat intervient comme facteur dominant, on constate aussi de grandes différences.

Il est presqu'impossible de constater l'influence des autres forces de la nature ; les conditions géologiques par ex., comme la résistance de la roche, qui, semblerait-il, devraient donner leur cachet aux cirques, ne sont presque pas à remarquer, et encore lorsque cette action existe, elle s'exerce dans le sens d'un agent de conservation.

Nous avons étudié les cirques glaciaires de deux régions montagneuses d'altitude analogue, l'une, les Alpes fribourgeoises, l'autre, le Tatra. Les Alpes fribourgeoises font partie du massif des Préalpes et plus précisément de leur partie comprise entre le lac de Thoune et le Léman et entre

le plateau suisse et les hautes Alpes bernoises. La hauteur moyenne des sommets est de 2000 — 2100 mètres. (Les sommets isolés arrivent à des altitudes de 2380 et même 2459 m.).

Le Tatra (en polonais Tatry) se trouve dans la chaîne des Carpates, exactement dans la partie occidentale dans laquelle la limite du peuple polonais fait un détour rentrant dans la région hongroise. Zakopane que j'indique comme point de repère se trouve dans la partie nord du Tatra. Les cirques que nous avons étudiés là se trouvent sur les montagnes dont l'ensemble des sommets dépasse peut-être de 100 m. les altitudes des alpes fribourgeoises.

Au point de vue des conditions glaciologiques des deux régions que nous venons de mentionner nous croyons pouvoir les définir comme étant les mêmes, c.-à.-d. : moraines du stade de Bühl très visibles, cirques du stade de Gschnitz très développés et difficilement des traces du stade de Daun.

Nos observations s'appuient sur les levés originaux et tout ce que nous allons essayer de noter et d'exprimer se trouve d'abord vérifié et exprimé par la topographie.

Levés originaux.

Les levés que nous présentons ici furent faits avec la règle à éclimètre du colonel Goulier et une mire de 2 m., sauf le cirque de Gasiennicowe stawy qui fut fait avec une mire de 4 mètres.

Pour faire le levé de petits cirques nous établissions dans la base de ces derniers, trois stations principales auxquelles se rattachaient des stations secondaires plus ou moins nombreuses suivant les besoins. Le porteur faisait le tour de nos stations avec la mire une première fois au pied des cônes d'éboulis, ce qui nous donnait le nivellement de la base, ensuite il faisait un second cheminement sous les rochers, à la naissance des cônes d'éboulis. Nous avons obtenu l'altitude et le dessin des crêtes par intersections.

Nous avons borné nos levés à l'établissement de la carte du cirque proprement dit. La topographie des régions environnantes fut complétée par nous au moyen des cartes existantes. Une ligne noire entoure sur nos cartes le terrain levé par nous.

Alpes fribourgeoises.

Le cirque d'Oberhaus (Kaiseregg) est fait avec : 8 stations, 51 points de rayonnement au jalon mire, 6 points de distance (sans cote) et 12 points d'intersection.

Le cirque de Brequettaz : 5 stations, 55 points de rayonnement au jalon mire, 1 point de distance et 14 points d'intersection.

Cirque de la chambre aux Chamois : 5 stations, 42 points de rayonnement au jalon mire et 10 points d'intersection.

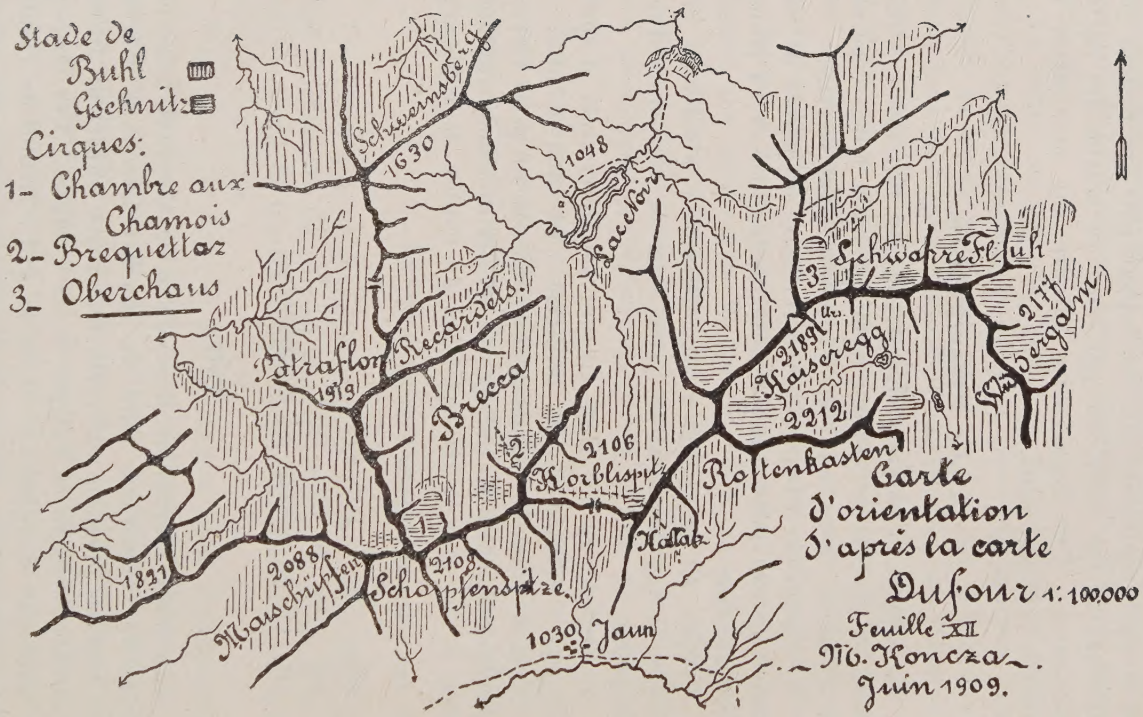
L'altitude de ces trois cirques est déterminée d'après la carte Siegfried au 25 millième (Nos 364 et 365).

Comme plan d'orientation nous donnons un petit schéma avec le sommet du Kaiseregg qui est défini comme altitude, long. et lat. par la triangulation du canton de Fribourg. Ce sont les suivantes :

long. -0° 7' 10'', 477
lat. -46° 0' 39'', 589
alt. -2188 mètres, 86 millimètres.

Tatra.

Les deux cirques de Koscielisko se trouvent dans les Tatra sur le versant nord du sommet Czerwony Wirch, sur terrain polonais ; la crête du cirque supérieur forme la frontière entre la Pologne et la Hongrie. Ces cirques ne sont pas marqués sur la carte à 1 : 75 000 de l'état-major autrichien. En conséquence nous en avons déterminé l'altitude tout-à-fait approximative, en supposant la base du cirque inférieur à une altitude de 1 500 mètres.


Stade de
Buhl
Gschnitz
Cirques:
1- Chambre aux Chamois
2- Brequettaz
3- Oberchaus
Schweinsberg
1630
1048
Lac Noir
Schwarze Fluh
3
2177
Wiedergalm
2189
Kaiseregg
2212
Roftenkasten
Patraflon
1913
Recardets
Brecca
2
2106
Korblispitz
Hallatz
1
2108
Schöpfenspitze
2088
Maischüpfen
1821
1030
Jaun
Carte
d'orientation
d'après la carte
Dufour 1:100.000
Feuille XII
M. Koncza
Juin 1909.

Le cirque inférieur fut levé au moyen de 3 stations, 26 points de rayonnement au jalon mire, 6 points de distance et 10 points d'intersection.

Comme la falaise qui sépare le cirque inférieur du cirque supérieur est infranchissable, nous avons été obligés pour rattacher les levés de ces deux cirques, de nous servir de trois points d'intersection communs aux levés des deux cirques, que nous avons pris avec le plus grand soin.

Lors du levé du cirque supérieur, nous avons utilisé un de ces trois points en y faisant stationner le porte-mire.

Nous espérons être arrivés par ce moyen à la plus grande approximation possible.

Le cirque supérieur est levé au moyen de 4 stations, 37 points de rayonnement au jalon mire et de 17 points d'intersection.

Ici nous sommes obligés de faire remarquer que l'endroit au-dessous des cotes 2196^{m}, 3 ; — 2101^{m}, 2 et 2298, 2 n'est déterminé que par quelques points d'intersection. Il était en effet très dangereux pour le guide d'aller au-dessous de ces rochers, à cause des vraies pluies de pierres que les chamois faisaient tomber.

Le cirque de Gasiennicowe stawy fut topographié par un temps très froid (première moitié de novembre) comme on pourra en juger par les températures moyennes suivantes : 7 h. m. : —9, 10 h. m. : —4, max. : —1 ; 8 h. s. : —8 $^{1}/_{2}$, min. : —11.

Les conditions d'existence dans ce pays par suite du manque de refuge confortable étaient rendues si pénibles que nous n'avons pu faire les levés avec tout le soin que nous aurions voulu. Mais c'est en même temps grâce à cette température que le lac de Czerwony staw, étant gelé, a pu être sondé en 46 points.

Le levé du cirque de Gasiennicowe stawy fut fait au moyen d'une triangulation préliminaire faite au moyen de la règle à éclimètre. Il contient trois bases situées aux extrémités opposées du cirque. Ces bases ont les longueurs suivantes : 205,6 ; 160,3 ; 173,4. Avec ces trois bases nous

avons défini exactement 11 points. En nous basant sur cette triangulation préliminaire nous avons fait notre levé en utilisant les méthodes employées par nous pour le levé des autres cirques. Il est fait avec 28 stations, 162 points de rayonnement au jalon mire et 32 points d'intersection, sans compter les visées faites sur les points de triangulation.

Ces points obtenus, nous avons déterminé les courbes de niveau suivant les procédés ordinaires.

Nous avons tiré les altitudes de ce cirque, de la carte de l'Etat major autrichien 1 : 25 000 ; la hauteur du pont sur le ruisseau du chemin de Czavuy-staw, à côté du refuge, y est consignée ainsi que quelques points du cirque même comme les petits lacs et les sommets de la crête.

CARTES TOPOGRAPHIQUES

L'Atlas topographique de la Suisse.
Canton de Fribourg, feuille XII, 1 : 100 000.
» » et Berne, feuille N° 366, 1 : 50 000.
» » N°s 361, 363, 364 et 365, 1 : 25 000.
Milit. geogr. Instit. Wien. Tatragebiet, feuille XII, 1 : 25 000.

I

CIRQUES GLACIAIRES ET TYPES MORPHOLOGIQUES VOISINS

Le nom français de *cirque*, — en allemand cirkus, en anglais circle, en italien circo, — correspond dans les Pyrénées à oule, dans l'Angleterre septentrionale à coom, en Angleterre à coom et corrie, en Irlande à corry, coomb en Pays de Galles, en Allemagne à kahre, kare ou karre.

Ces mots de kar (allemand), de cirque (français), de caldara (roumain), de bodner (Pyrénées) et celui de kociolek (polonais), dans les Tatra sont uniquement employés à désigner les creux de structure glaciaire. C'est ainsi que le Pr. de Martonne nomme cette forme de terrain dans ses ouvrages et c'est cette appellation que nous adoptons pour ce travail.

Pour les cirques de bassin de réception de torrent il existe un nom spécial en roumain «zânaoga» (Martonne).

Pour des cirques de cratère il existe un nom spécial en espagnol « câldera ».

Vu de loin un cirque a l'aspect d'une sorte de niche creusée dans les flancs de la montagne, généralement au voisinage des crêtes. On a souvent l'impression, même si le cas n'est pas réalisé, que le fond en est plus bas que le rebord extérieur. Un œil exercé reconnaît aussitôt de loin cette forme topographique très spéciale[1].

On peut comparer un cirque à une niche, à un fer à cheval, à «un fauteuil usé»[2], à un canapé. Les cirques des montagnes rappellent encore les cirques ou théâtres grecs ou romains, qui à l'origine étaient demi-circulaires.

---

[1]) Voir E. de Martonne, p. 34, *Cirque de Gauri et Galcescu*.

[2]) Gastaldi.

En regardant un cirque, on a l'impression bien nette que ce creux ne s'est pas formé en même temps que la montagne, mais qu'au contraire il est le résultat de l'enlèvement d'une partie du sol sous une action érosive quelconque.

Les cirques diffèrent entr'eux par leurs dimensions.

Certains cirques sont très profonds ; la hauteur des falaises qui bordent leur « base » est souvent supérieure à la largeur de cette dernière, d'autres le sont très peu, (dans ce cas le rapport entre la surface de la base et la hauteur des parois est inverse).

On trouve des cirques qui descendent profondément dans les vallées, les autres restent isolés. Il y a encore d'autres différences sur lesquelles nous reviendrons plus loin. Mais ils ont tous cela de commun qu'ils font l'effet d'un «morceau» de montagne qui aurait été enlevé.

Il y a lieu tout d'abord d'observer ces 2 faits : les forces érosives de la nature, qui devraient, semble-t-il, faire sentir leur action à peu près également sur tout le globe et par conséquent sur tous les flancs d'une montagne à la fois, n'érodent ces dernières que par endroits ; enfin pourquoi, quand l'érosion s'est attaquée à un point déterminé y travaille-t-elle si vite et avec une telle violence qu'elle paraît abandonner tout le reste de la montagne.

Pour mieux faire comprendre notre idée, songeons à la suivante dans le domaine des eaux courantes.

Les cours d'eau roulent sans cesse dans leurs lits des blocs arrachés aux rochers qu'ils entraînent vers les mers ou vers des lacs intérieurs où ces matériaux entrent en état d'équilibre et de repos absolu. Au fur et à mesure qu'on remonte les vallées des cours d'eau on voit les alluvions devenir de plus en plus grosses ; il est facile de concevoir que les alluvions sont en majeure partie originaires de la région des sources où elles sont arrachées au sol. C'est à la source des rivières en effet que se produit le grand travail

de déblaiement et c'est là que se forment les « cirques » d'origine fluviale. Les parties de la montagne qui avoisinent les sources des cours d'eau sont donc celles qui sont le plus violemment érodées.

Un cours d'eau qui sort d'un cirque de montagne est comparable dans une certaine mesure à une ligne de chemin de fer qui exploite une carrière. En effet les ouvriers en enlèvent d'abord les matériaux les plus rapprochés du point d'aboutissement de la ligne ; puis ils continuent à miner en demi-cercle déterminant l'écroulement de la partie supérieure qui est de suite emportée.

L'eau n'attaque pas seule les montagnes ; d'autres agents d'érosion sont tout aussi actifs. Tous attaquent la montagne, l'érodent et la nivellent. Ils ne travaillent cependant pas tous de la même manière. Chaque érosion peut être reconnue par les traces qu'elle laisse et qui lui sont propres. Par conséquent si l'on veut classer les cirques on pourra le faire d'après leur origine, c'est-à-dire d'après les agents qui les ont modelés.

Pour l'intelligence des faits nous présentons ici une classification générale d'après les caractères spécifiques des cirques et suivant leur origine pour chaque cas particulier.

Voici les données qui nous serviront pour établir cette classification :

A) Coupe longitudinale,

B) Coupe transversale,

C) Le groupement des lignes de plus grande pente,

D) Forme générale des courbes de niveau,

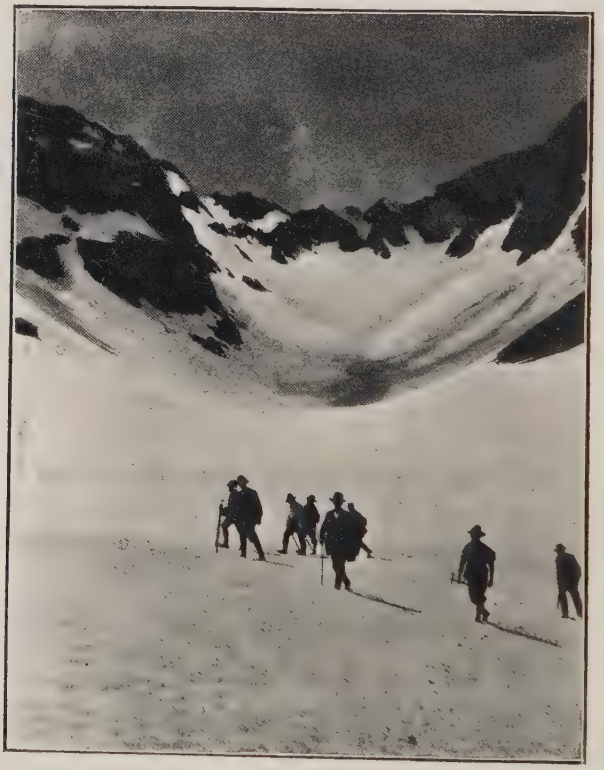
E) Relations entre les courbes de niveau et les cours d'eau,

F) Localisation des dépôts formés par les matériaux arrachés au cirque,

G) Les rapports entre le cirque et la vallée (isolément du cirque).

1° Bassin de réception torrentiel.
(Cirque fluvial)

A) La coupe longitudinale suivant le lit du torrent donne naturellement le profil du cours d'eau n'ayant pas encore atteint son profil d'équilibre[1].



(Phot. M. Koncza).

CIRQUE 1800 m. ENV. SE TROUVANT AU DESSOUS DU WIDDERGALM 2177 m.
(photographie prise au printemps).

---

[1]) Voir ALBERT PENCK : *Morphologie der Erdoberfläche*, t. I, p. 323.

Voir aussi l'article sur les entonnoirs dans le travail de thèse qu'a publié M. G. Michel.

B) La coupe transversale affecte la forme d'un V au fond duquel coule le cours d'eau.

C) Les lignes de plus grandes pentes aboutissent au cours d'eau.

D) Les courbes de niveau ont la forme générale d'un V dont la pointe est dirigée vers l'amont. Les côtés du V deviennent de plus en plus sinueux à mesure que l'on s'éloigne du fond ; dans ces sinuosités se logent les ruisseaux d'alimentation, qui sont, ou continus, ou intermittents.

E) La dépendance des courbes de niveau de l'érosion fluviale qui crée le cirque est absolue.

F) Les matériaux remplissant autrefois le cirque ont été complètement emportés hors de celui-ci par l'eau.

G) Le cirque s'ouvre dans la vallée du cours d'eau.

Ce que nous venons d'avancer peut être contrôlé sur la carte de tout bassin de réception torrentielle.

2° Cirque glaciaire.

Les formes topographiques des cirques glaciaires sont les suivantes :

A) Profil longitudinal en escaliers,

B) Coupe transversale en U,

C) Les lignes de plus grandes pentes aboutissent à une ligne de fer à cheval qui entoure généralement le fond du cirque.

D) La forme des courbes de niveau carrée dans les creux est à angles aigus dans les plaines[1].

E) Le tracé des courbes de niveau est indépendant du tracé des cours d'eau.

F) Une partie des matériaux arrachés au cirque sont, ou déposés immédiatement à la sortie du cirque sous forme de moraine, ou transportés beaucoup plus loin par les grands glaciers.

---

[1]) E. de Martonne, 36, *Cirque de Gauri et Galcescu*.—E. de Martonne, Cirques, fjords, vallées alpines et lacs subalpins, in *Ann. géographiques*, 1901, 15 juillet. — E. de Martonne, Formation des cirques, in *Ann. géog.* 1901, 15 juillet.

G) Le cirque est absolument isolé de la vallée.

Il faut ajouter aux caractères ci dessus des cirques glaciaires des phénomènes d'érosion propres aux glaciers ; ce sont : les roches moutonnées, les stries et les lapiaz[1], résultats de l'action érosive sous-glaciaire de l'eau sur le calcaire.

Voici la définition du cirque glaciaire d'après Penck : Morphologie der Erdoberfläche II, 305.

Unter einem Kare oder Cirkus versteht man eine nischenförmige Einbuchtung der Gebirgsgehänge, welche sich ähnlich wie ein cirkusförmiger Thalschluss in die Gebirgskämme drängt, aber sich nicht in die Thäler vorsetzt sondern isoliert gewöhnlich nahe den Scheidelinien gelegen ist[2].

3° Niche d'arrachement.

La niche d'arrachement d'un éboulement ne nous paraît pas avoir tout à fait les caractères morphologiques d'un cirque. Les parois convergent généralement vers un seul point.

Voici ses caractères :

A) L'inclinaison du profil longitudinal dépend de la constitution géologique du sol et de la résistance de la roche à l'éboulement.

B) Le profil transversal possède la forme en U à versants largement ouverts.

C) Les lignes des plus grandes pentes convergent vers le même point.

D) La forme générale des courbes est concave.

E) L'allure des courbes de niveau est très tourmentée.

F) Les matériaux s'amoncellent à l'extrémité de l'en-

---

[1]) Emile Chaix du Bois, *La topographie du Désert de Platé*. Voir aussi A. Heim, Über die Karrenfelder, in *Jahrbuch des Schw. Alpen-Clubs*, XIII 1877-78.

Voir aussi : W. Kilian, *L'érosion glaciaire et la formation des terrasses*.

[2]) A. Supan, *Grundzüge der physischen Erdkunde*.

Eugeniusz Romer, *Kilka uwag ogólnych Krajobraru lodowcowego*.

tonnoir où ils forment un cône d'éboulis, lequel reproduit en relief la forme d'un entonnoir renversé, par suite les courbes de niveau qui le représentent ont une forme convexe. L'inclinaison des matériaux du cône est d'environ 65 p. 100.

G) Le creux est absolument isolé.

On peut encore distinguer d'autres cirques secondaires.

4° Cirque d'un cratère[1].

Il arrive souvent que dans le cratère d'un volcan éteint l'érosion fluviale devient si active qu'après avoir comblé le fond, l'eau se crée une issue et forme de cette manière un cirque. Ce cirque peut même ressembler au cirque glaciaire que nous étudierons plus loin.

La caractéristique d'un cirque de cratère, et ce qui le distingue des autres, c'est que la montagne où il se trouve semble n'exister toute entière que pour lui[2]. Les autres cirques au contraire sont venus se placer sur les montagnes comme par accidents et par endroits seulement. Le cirque d'un cratère occupe si bien tout le sommet de la montagne que le bord de sa crête est régulier et partout à la même hauteur.

Mais dès que l'eau contenue dans le cratère a réussi à se percer une issue, elle commence aussitôt son travail d'érosion, c'est ainsi qu'un cirque de cratère peut prendre l'aspect d'un cirque fluvial. Même dans ce cas la morphologie du cratère laisse des traces qu'on doit pouvoir retrouver.

D'abord le cirque de cratère est plus fermé qu'un cirque de bassin de réception d'un torrent. A l'origine l'eau ne sort du cratère que par une échancrure plus ou moins largement ouverte suivant l'âge de sa formation.

Cependant malgré tout, surtout lorsque le cirque de cratère est vieux, il peut être difficile de le reconnaître tellement l'érosion fluviale peut modifier son aspect[3].

---

1) Richthofen, *Führer für Forschungsreisende.*

2) Martonne.

3) Rozet, Notice géol. de la chaîne des Vosges *(Bull. géol.*

5° Cirque d'avalanches.

Les avalanches descendent toujours dans un même couloir et contribuent ainsi à la formation d'un cirque[1], d'un autre côté, certaines excavations de la forme d'un cirque peuvent être attribuées à l'érosion éolienne. On peut attribuer la formation des cirques à d'autres agents (v. le livre du prof. Richter, Geomorphologische Untersuchungen in den Hochalpen, p. 12).

On voit d'après ce qui précède les difficultés que l'on rencontre lorsque l'on veut déterminer quelle est l'érosion qui créa le cirque.

II

Avant la glaciation de Günz les Alpes furent longtemps libres de glace. Pendant cette période pré-glaciaire qui fut très longue les principaux lits fluviaux commençaient à s'établir[2].

Vers la fin de l'époque pré-glaciaire la limite des neiges descendit à un niveau inférieur. Les glaciers se formèrent, profitant des vallées fluviales préexistantes.

Par suite du phénomène que nous venons de citer, les neiges ne fondant pas complètement s'amoncelèrent graduellement. De plus, en raison des grandes variations de température qui dans la haute montagne atteignent de très grandes différences[3] se formèrent les premiers névés ou par le jeu du gel ou du dégel, la neige acquit en gelant et dégelant la forme granuleuse des neiges éter-

---

de France, III, 1832). — Lieber, *Die amerikanische Expedition nach Labrador*, (Pettermanns Mitt. 1861). — Richter, *Geomorphologische Beobachtungen aus Norvegen.*

[1]) J. Coaz, *Die Lavinen der Schweizeralpen.* — M. P. Mougin, *Observation de l'enseignement et sur les chutes d'avalanches exécutées par l'Administration des Eaux et forêts dans la Savoie.* Cours fr. des Glaciers, C. A. F. 1904.

[2]) Rutimeyer, *Thal- und Seebildung.* — Heim, *Erosionsgebiete der Reuss.* — Bodner, *Terrassen und Thalstuffen der Schweiz.*

[3]) J. Jacot Guillarmod, *Six mois dans l'Himalaya.*

nelles. Alimentés par des neiges de plus en plus abondantes les glaciers descendirent du cœur des hautes vallées alpines[1] rencontrant sur leur parcours d'autres névés, formant ainsi des glaciers qui s'étendirent ensuite sur le plateau jusqu'à Bâle d'un côté et jusqu'à Lyon de l'autre.

Ces névés glissant sur les pentes érodèrent les parois rocheuses et formèrent ainsi les premiers cirques. Les névés, remplissant ces cirques alimentaient les glaciers dont nous venons de parler. Nous pouvons constater qu'à l'époque de Würm les glaciers, par leur épaisseur, atteignaient à leur surface l'altitude de 1400 m. à Insbruck, 1900 m. à Brigue et 1230 m. à St. Maurice etc[2].

Si dans les vallées, les glaciers atteignaient les altitudes ci-dessus, ils devaient sans doute atteindre dans la montagne des altitudes plus grandes, de sorte que seuls les hauts sommets émergaient de la calotte glaciaire[3]. Comme les cirques de névés ne peuvent pas se trouver au dessous du glacier, ils ne pouvaient se former que sur les hauts sommets émergeant de l'inlandsis.

Il y eut plusieurs grandes glaciations. Penck et Brückner en reconnaissent quatre qu'ils désignent par ordre chronologique par les lettres G. M. R. W., initiales des noms qu'ils donnèrent à chacune des glaciations. Il est probable que pendant des époques interglaciaires la limite du nunatak, furent mis à découvert, alors ces derniers purent être soumis pendant un temps plus ou moins long à l'action de toutes les érosions subaériennes.

Actuellemnt le retrait des glaces, reste de la glaciation de Würm dans les hautes vallées alpines, n'est pas encore suffisament avancé pour mettre à découvert ces formes ; elles sont encore presque toutes remplies ou par les glaces ou par les névés. Nous ne pouvons par conséquent qu'émettre des conjectures sur ces formes. Il est probable

---

[1]) Comme exemple voir un glissement lent de la neige sur les toits des chalets.

[2]) Richter, 28—29.

[3]) Nansen appelle ces sommets à Groënland : nunataks.

que leurs formes sont les mêmes que celles des cirques que nous observons immédiatement après le retrait des hauts névés.

Lors du retrait du glacier de Würm la calotte glaciaire diminuait non seulement en longueur mais aussi en épaisseur ; il s'ensuivit que les sommets secondaires émergeaient de l'inlandsis à mesure que le glacier diminuait. Ces sommets furent à leur tour probablement attaqués par l'érosion glaciaire comme les nunataks primitifs ; des cirques se formèrent dans leurs versants[1].

C'est sur ces cirques formés dans les sommets secondaires mis à nu par le retrait des glaciers, actuellement, que porte notre étude. A présent certains de ces cirques ont leur entrée *barrée par une moraine,* d'autres ont leur entrée *libre de tout dépôt erratique.* Examinons quelle est l'origine de cette différence.

(Phot. M. Koneza).

Cirque Parwengi 1900 m. env., entre les sommets Kaiseregg 2189 m. et Hazensprung 2076 m. donnant sur versant sud. (C'est un Ursprungskarr).

[1]) Voir Fritz Nussbaum, *Die Eiszeitliche Vergletscherung des Saanengebietes.*

III

DES CIRQUES SANS MORAINE

(Ursprungskar)[1]

Examinons d'abord les cirques sans moraine.

Ils varient avec l'altitude. Ceux qui sont plus bas sont plus encaissés, avec un fond plus plat, leurs parois sont souvent très abruptes et bordées de plus grands cônes d'éboulement. Le fond et la base des parois sont mamelonnés (cirques du Kaiseregg, des Morteys, du Vanil Noir, du Moléson). Ils ont une bosse au milieu comme les glaciers des vallées (cirque inférieur de Koscielisko).

Ceux qui sont à une altitude plus élevée, par exemple La Réchasse, au dessus du col de la Vanoise, et les pentes sud de la Dent du Midi ont un fond incliné, avec des parois d'une inclinaison excessivement douce ; la paroi entoure rarement tout le cirque ; les cônes d'éboulis ont peu d'importance. L'explication de ces faits se trouve sans doute dans les divers états de la neige lesquels varient avec l'altitude.

Les névés situés très haut comme ceux des hauts sommets de l'Himalaya sont constitués par une neige en poussière comme de la farine[2].

Les névés de la haute montagne en Suisse, comme ceux du versant de la Jungfrau sont si peu résistants qu'ils ne supportent pas le poids d'un homme.

Cela s'explique par le fait que souvent dans les hautes altitudes la neige se trouve dans un état léger et pous-

---

[1]) Ce sont ces cirques que le prof. Richter appelle le Kar ; ces cirques sont complètement rattachés aux névés et puisqu'ils se sont établis anciennement dans des creux fluviaux, on peut dire que ces cirques dépendent du tahlsystem des eaux courantes.

[2]) J. Jacot Guillarmod. — Conway, etc.

siéreux tandis que, à des hauteurs de plus en plus inférieures, la neige est de plus en plus tassée jusqu'à se transformer en glace[1].

Nous nous trouvons ainsi en contradiction avec Kurowski, qui se fondant sur sa méthode pour déterminer la limite de neige (rapport des sommets entr'eux), dit que plus l'appareil glaciaire est grand, plus la longueur augmente aux dépens du névé et qu'inversement plus la surface de l'appareil glaciaire diminue, plus la langue se retrécit au profit du névé. Pour le glacier d'Aletsch cette différence sera dans la proportion de 1,64 : 1. Nous nous trouvons encore en contradiction avec la théorie qui veut que le rapport de la surface du névé à celle de la langue glaciaire soit de 3 : 1.

C'est probablement que les glaciers des cirques de limite de neige sont tellement différents des autres grands glaciers que sans doute les lois qui régissent ces derniers ne s'appliquent plus à ceux-là.

En nous raportant à ce que nous avons avancé précédemment, nous croyons pouvoir admettre que la neige peu tassée creuse des cirques peu profonds tandis que la neige tassée et à peu près transformée en glace creuse des cirques profonds à parois raides et à fonds plats. (V. notre levé du cirque inférieur de Koscielisko dans le Tatra (Carpates).

Les glaciers qui remplissent ces cirques ont autrefois alimenté de grands fleuves glaciaires, c'est pourquoi toute la moraine de ces cirques a été déposée sur le dos du grand glacier et emportée par ce dernier au lieu d'être déposée à la sortie du cirque.

Dans la haute montagne on ne retrouve pas de forme de cirque encaissé ; ces derniers ne se trouvent que au dessous de 2500 à 2000 mètres, ou se trouvent ordinairement sur les versants opposés des massifs centraux des Alpes. On sait qu'au dessus des sommets des massifs centraux la

[1]) Glacier de Bezin (Basse Savoie).

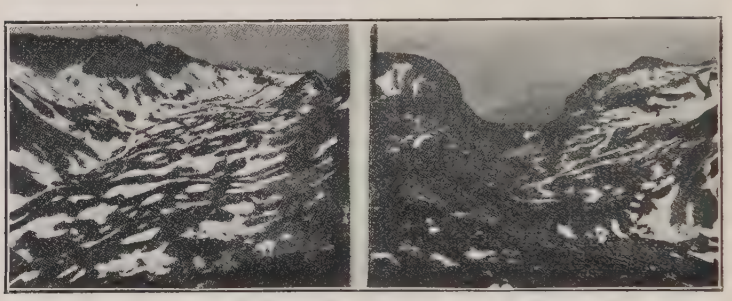
calotte glaciaire atteignait une grande épaisseur[1]. Si l'on ne trouve pas dans la haute montagne des formes de cirques profondément encaissés, c'est que la calotte glaciaire empêchait leur formation. La glace des grands fleuves glaciaires se comporte certainement de son côté d'une manière analogue vu que l'on ne trouve pas de ces cirques au dessous de la limite supérieure marquée par des blocs erratiques qu'atteignaient les grands glaciers. Les sommets des montagnes du canton de Fribourg furent libres de glace après l'oscillation d'Achen. Pendant l'époque de Bühl la limite de neige était entre 1500 et 1600 mètres[2]. A cette époque les sommets des Alpes fribourgeoises se comportèrent à leur tour comme des nunataks. Des Ursprungskar s'y développèrent. Ces cirques actuellement mis à nu par le départ des glaces peuvent être facilement étudiés. Dans ces cirques nous trouvons des bosses semblables à celles que l'on rencontre à l'extrémité des grands glaciers ; nous pouvons supposer qu'elles se sont formées comme elles, c'est-à-dire par l'érosion fluviale sous-glaciaire[3]. Une de ces bosses se retrouve par exemple dans le cirque inférieur de Koscielisko. En aval s'y est creusée une petite gorge ; on en trouvera un levé dans le présent travail.

Ces cirques se trouvent isolés, presque suspendus au dessus de la vallée d'écoulement (trog) des grands glaciers. Considérons les quelques Ursprungskar situés au dessus du Thalweg du Kaiseregg (préalpes fribourgeoises)[4], et ceux situés entre le pavillon Dolfus et les sommets Hühnerstock et Bächlistock (Oberland Bernois)[5]. Un trait commun de ces cirques est que leur fond se trouve probablement à la hauteur de l'ancien fleuve glaciaire[6]. Ce qui

---

1) Baltzer.
2) Dr Nussbaum.
3) J. Brunhes.
4) Voir l'Atlas top. de la Suisse à 1 : 25 000, Lac Noir (flle 364).
5) Voir l'Atlas top. de la Suisse à 1 : 50 000, (flle 393).
6) Voir notre coupe schématique des escaliers du Pr Baltzer.

prouve sans doute que le glacier du cirque n'avait pas assez de force pour repousser le grand glacier et par conséquent pour pouvoir creuser au dessous de la surface de celui-ci. En effet un petit glacier n'était sans doute jamais capable de lutter avec le grand fleuve glaciaire, d'abord à cause de la disproportion qui existe entre les deux masses de glace, ensuite, parce que le grand glacier devait creuser beaucoup plus vite que le petit.



(Phot. M. Koncza).

Bassin d'alimentation et trog du glacier du grand cirque du Kaiseregg (du stade de Bühl).

M. Richter signale des cas où le glacier principal remplissait les vallées secondaires, lesquelles n'avaient pas elles-mêmes assez de glace pour atteindre le niveau du grand Glacier.

Ce phénomène ne se produit pas seulement autour des langues glaciaires, mais encore autour des névés des grands glaciers situés à des altitudes relativement basses. Aussi peut-on supposer que le grand névé était si tassé et si dur qu'il ne permettait pas aux petits névés de les repousser.

Certains cirques peuvent être *complexes*, c'est-à-dire formés d'un cirque principal dans lequel s'ouvrent des cirques secondaires. Tel est par exemple celui qui s'ouvre dans le massif du Kaiseregg sur Boltigen. Il présente une disposition très curieuse des cirques secondaires qui n'existe que dans les versants de la partie d'aval du cirque (trog)

principal ; de plus ils sont séparés par un *gradin de confluence* de la base de ce dernier ; ce sont en conséquence de vrais cirques *suspendus*. D'autres cirques, par ex. celui de Koscielisko présentent dans le sens de leur longueur un dispositif en *escaliers*.

Il se peut aussi que le grand Glacier, au moment où il reçoit l'appoint d'un petit glacier de cirque d'alimentation, forme par suite du poids nouveau un escalier dans son propre lit !

(Phot. M. Koncza).

Lac d'Oberhaus 1651 m. barré par une moraine.

On trouve cependant quelquefois des cirques dont la base est à une altitude inférieure à la surface du grand fleuve. En pareil cas ces cirques sont fermés dans leur partie d'aval par un rebord très considérable ; tel est le cas du cirque de Brequettaz dont le rebord atteint une hauteur d'environ 16 m. On peut supposer dans ces cas que le glacier du cirque, tout en étant suffisament puissant pour affouiller la base de ce dernier au-dessous de la surface du grand fleuve, ne l'a cependant pas été suffisament pour repousser le glacier du trog principal.

Ceci obligea le glacier du cirque à s'écouler à contre-pente dans le trog principal.

Rappelons que si la limite des neiges monte, la glace disparaît ; alors on peut voir les formes des cirques encaissés, appelés par M. Richter : « Ursprungskar ». Tout en acceptant cette dénomination, nous distinguons les Ursprungskar des hauts névés et les Ursprungskar des bas névés.

IV

DES CIRQUES AVEC MORAINES

(cirques de limite de neige)

Ces cirques sont différents de ceux dont nous venons de nous occuper (Ursprungskar des bas névés) en ce qu'ils ont une moraine tandis que les précédents n'en ont pas. De plus leurs parois sont très abruptes (souvent surplombantes) et leur fond, qu'il soit apparent ou caché sous les éboulis, est plus plat, de telle sorte que leur profil transversal est plus carré.

D'ordinaire ils sont tout couverts d'éboulis, chose qui est plutôt rare dans les Ursprungskar. Il est aussi difficile de retrouver cette bosse si visible dans les cirques du type précédent ; si on la retrouve sous les éboulis, c'est dans des cirques peu développés, n'ayant presque pas de moraine.

Ce cirque doit se produire comme l'Ursprungskar. La limite des neige descend jusqu'à une certaine altitude qui ne doit pas être inférieure de plus de 250 mètres environ du sommet.

Les glaciers qui se forment dans ces conditions sont très petits puisque la limite des neiges étant très rapprochée du sommet, ne permet pas la formation d'un grand bassin d'alimentation. Ce glacier a cependant une existence propre et indépendante, car il dépose une moraine. A l'encontre de l'Ursprungskargletscher, il ne se termine pas dans un autre grand glacier qui absorberait sa moraine.

A l'origine le glacier se forme, ou sur un versant à pente continue et régulière, ou dans un creux préexistant. Après s'être installé, le glacier creuse de plus en plus son lit par son travail propre.

La différence essentielle entre ce que nous appelons le cirque de limite de neige et le Ursprungskar est que le premier a une moraine et que le second n'en a pas. Cette moraine que possède le glacier de limite de neige prouve qu'il est indépendant tandis que le Ursprungskargletscher n'est qu'un glacier d'alimentation d'un autre glacier plus grand. Enfin le glacier de limite de neige ne peut se former et ne peut exister que tant que la limite de neige reste à la même altitude, c. à. d. durant la même période glaciaire[1].

Si le glacier de limite des neiges parvient à se former tout seul, dans quelles conditions se forme-t-il ?

Il faut d'abord que la limite des neiges descende et *s'arrête un certain temps à une altitude déterminée.* Dans des dépressions des pentes qui ont une inclinaison variant de 22° à 31°[2], la neige se tasse, se transforme en glace et se met en mouvement, comme dans les Ursprungskar.

Mais si le glacier se développe trop, il se formera une langue glaciaire, et on n'aura plus un glacier local de limite de neige. Il faut donc que ce glacier soit entouré de conditions spéciales pour que tout en ayant une puissance propre suffisante il ne s'allonge pas trop.

La neige doit être en quantité restreinte. Et pour cela les sommets environnants ne doivent pas dépasser une certaine altitude et l'endroit où s'accumule la neige une certaine surface. Si, d'autre part, la base du glacier était trop étroite elle forcerait ce dernier à s'écouler et à s'allonger trop. Il faut donc qu'il y ait un certain rapport entre toutes ces dimensions :

Quantité de neige,
Altitude à laquelle se trouve le cirque,

---

[1]) Le cirque de limite de neige ne peut exister que pendant une époque glaciaire parce que quand la limite de neige est plus basse que le cirque, celui-ci est entièrement recouvert et quand la limite de neige est plus haute, le glacier ne peut plus exister dans ce cirque.

[2]) Richter, *Geomorphologische Untersuchungen in den Hochalpen.*

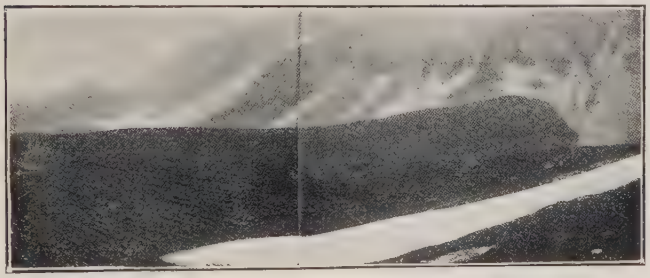
Hauteur des parois de ce dernier,
Surface générale,
Surface de la base du glacier,
Inclinaison de la base,
Etroitesse de la base.

Richter[1] indique de son côté les proportions suivantes. Si l'inclinaison de la pente primitive égale 45°, la hauteur égale la base/2. Si l'inclinaison est de 26° la hauteur égale la base/4. Si l'inclinaison est de 18° $^1/_2$ la hauteur égale la base/6.

Enfin le cirque de ce glacier doit être isolé. Si plusieurs glaciers de ce genre se rencontraient en effet, ils deviendraient peut-être assez puissants pour former une langue.

Nos levés ci-joints mettent en relief les faits que nous venons d'exposer. V. pour les cirques avec moraine (cirques de limite des neiges) les cartes des cirques :

d'Oberhaus (avec les photographies des petits lacs morainiques),
de la chambre aux chamois,
supérieur de Koscilieskо.



(Phot C. Calciati).

Les deux moraines formant le barrage du lac d'Oberhaus vues de côté.

---

[1]) Op. cit. p. 22.

V

Rappelons que, d'après la théorie déjà énoncée de la formation du cirque de limite des neiges ce cirque est formé entièrement par un glacier indépendant. Comment se fait-il en pareil cas que la moraine de ce cirque soit si petite en comparaison du volume des matériaux emportés ? Et en second lieu, comment, ce glacier, qui ne peut exister que pendant une époque glaciaire[1], a-t-il creusé un cirque de dimensions à peu près pareilles à celui des Ursprungskargletscher qui érodèrent pendant chaque glaciation le même cirque ?

Les théories actuellement connues ne donnent pas une explication satisfaisante de ce fait. Personnellement nous sommes amenés à supposer que le glacier de cirque de limite des neiges ne se constitue que dans un creux préexistant dont il modifie les formes en lui imprimant un modelé nouveau qui lui est propre ; en pareil cas c'est à ce travail d'adaptation que le cirque doit sa petite moraine. Mais quels sont les creux qu'on peut trouver dans la montagne pendant les époques interglaciaires ?

A ce moment là, tous les creux existants ont été occupés par les Ursprungskargletscher et comme nous admettons que le cirque de limite des neiges ne peut pas se former tout seul mais qu'il doit s'installer dans des creux déjà préparés, c'est précisément dans les Ursprungskar qu'il s'installera.

Pour nous résumer nous dirons donc :

1° Le glacier du cirque de limite des neiges n'a pas pu former entièrement la forme que nous lui connaissons.

2° Il a dû s'installer dans un creux déjà existant.

3° Ces creux étaient tous des Ursprungskar.

Il s'en suit que les glaciers de limite des neiges se sont logés dans les Ursprungskar.

---

[1]) Si la limite de neige monte le glacier disparait ; si elle descend il se forme un inlandsis comme au Groënland.

Examinons le fait suivant :

Le cirque de Brequettaz est à 1600 mètres et le cirque de la Chambre aux Chamois est à 1800 mètres. Ils sont voisins[1] et ont presque les mêmes caractères essentiels comme on peut s'en rendre compte d'après nos levés. Les glaciers de ces deux cirques, d'après la carte du Dr Nussbaum et aussi d'après nos constatations, ont alimenté le seul et même glacier pendant le stade de Bühl ; ils étaient par conséquent tous les deux des Ursprungskargletscher.

Or, aujourd'hui le cirque de la Chambre aux Chamois se présente comme un cirque de limite des neiges. Il a contenu un glacier pendant le stade Gschnitz qui travailla comme un glacier de cirque de limite des neiges, en déposant une petite moraine et en modifiant ses formes primitives[2].

Le cirque de Brequettaz, au contraire, peut être considéré avec son infime moraine, comme un Ursprungskar.

C'est l'élévation de la limite des neiges qui fait que les grands glaciers diminuent ou disparaissent et que les Ursprungskargletscher s'isolent. L'exemple que nous venons de citer prouve qu'il doit exister un certain rapport entre l'altitude de la limite des neiges et celle de l'Ursprungskar pour que celui-ci puisse faire place à un glacier de cirque de limite des neiges.

Le cirque du Kaiseregg peut servir d'exemple de Ursprungskar, celui d'Oberhaus de cirque de limite des neiges.

La bosse qui existe dans les Ursprungskar n'est pas visible dans les cirques de limite des neiges.

VI

Nous allons étudier un Ursprungskar modifié par un glacier de la limite des neiges.

---

[1]) Voir la carte d'orientation.

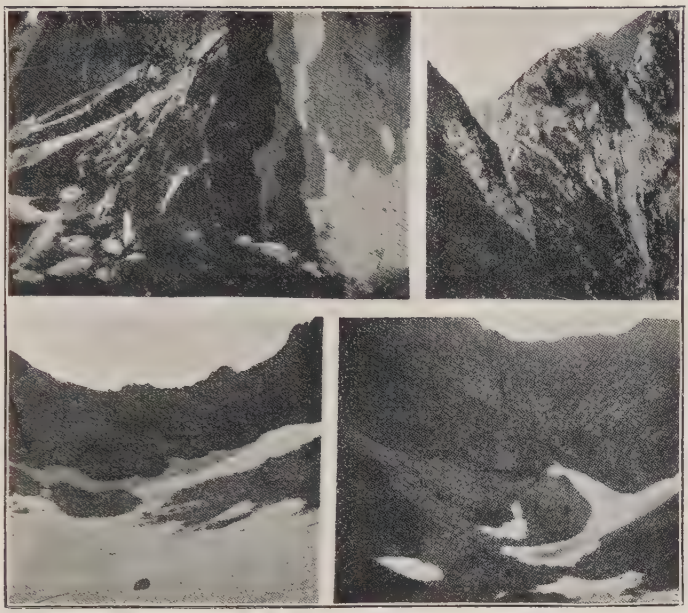
[2]) Pour la définition des stades d'après la hauteur du cirque voir les tables d'altitude du prof. Brückner.

(Phot. C. Calciati).

Cirque de la Chambre aux Chamois vu vers l'aval
(le topographe est placé au milieu du cirque).

En observant un cirque de la limite des neiges on peut constater les faits suivants : 1° l'existence d'une base à fond plat terminé en aval par une moraine qui la domine un peu (voir les photographies du cirque de la Chambre aux Chamois où la moraine domine de 21 m. et du cirque d'Oberhaus, ainsi que le levé du cirque supérieur de Koscielisko) ; 2° le fond est en général (voir mes photographies) complètement rempli d'éboulis, souvent même les cônes d'éboulis des versants opposés sont tellement puissants qu'ils se rencontrent (v. le cirque Dislisée, carte Siegfried 1 : 25 000, Nos 363 et 365).

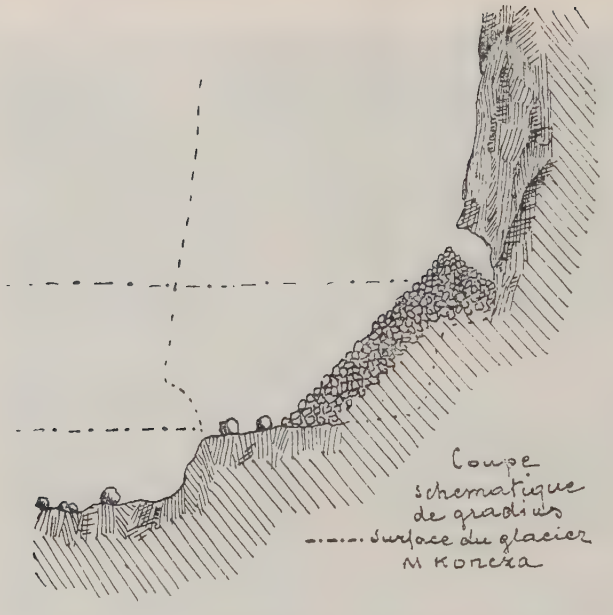
Au dessus des rochers on trouve, ou une pente gazonnée inclinée d'environ 45° (v. le cirque de Brequettaz au-dessous du sommet de 2000 m.), ou une crête en lame de couteau lorsqu'il y a immédiatement un autre cirque de l'autre côté de la crête, (v. sur la photographie entre la crête qui sépare le cirque du Chamois de celui de Combe).



(Phot. M. Koncza).

1. La Crête en lame de sabre divisant les cirques de la Chambre aux Chamois et de la Combe ;
vue plongeante prise du sommet ouest de la Combifluh.
2. La même paroi prise de près et de côté.
3. Encore la même paroi vue de face du fond du cirque.
4. La paroi du cirque Brequettaz vue du cirque du même nom.

Si les éboulis laissent à découvert la partie intérieure de la paroi rocheuse on peut y voir une canelure circulaire au-dessous de laquelle on trouve des espèces de gradins. Nous en avons trouvé un exemple dans le cirque supérieur de Koscielisko. M. le prof. Richter signale des canelures circulaires qui entourent complètement le cirque (Geomorphologische Untersuchungen in den Hochalpen), terminées en dessous par une succession de gradins qui entourent aussi le cirque. Ces formes sont visibles sur notre coupe schématique ci-contre.



Il semble que cette canelure circulaire ait été la partie la plus fortement attaquée par l'érosion, c'est donc elle que nous étudierons en premier lieu.

Nous n'avons observé ces canelures circulaires dont parle M. Richter que dans un seul cas. Cette canelure n'était que peu envahie par les éboulis, les gradins des escaliers étaient mamelonnés. Le creux a été formé par un agent d'arrachement car ses formes présentaient des aspérités et des arrêtes vives. Mais, comme agent d'arrachement, nous ne connaissons que les variations de température aidées par un agent de transport. On peut se demander pourquoi les changements de température produisent le plus grand effet dans cet endroit. Au-dessous de la surface de la glace le rocher conserve une température à peu près constante, tandis que, au-dessus du niveau de la glace se produisent de grandes variations de température qui désagrègent le rocher ; c'est le rapprochement de deux zones à températures très différentes qui désagrège la roche et forme la niche.

D'ailleurs le fait que la roche des gradins est mamelonnée et que les rochers, situés au-dessus, sont des pentes d'écroulement semble confirmer ce que nous avançons.

Nous n'avons trouvé, avons-nous dit, que peu d'éboulis dans cette niche. Cela doit être attribué au fait que le glacier les a emportés. Cela concorde avec le niveau qu'atteignait la glace de l'ancien glacier. En conséquence je crois pouvoir affirmer que cette canelure est la marque de l'endroit où aboutissait le glacier ou le névé pendant la dernière période de l'activité du glacier du cirque de la limite des neiges. Nous croyons pouvoir signaler un cas d'existence de ces canelures dans la paroi de la pointe d'Albaron du glacier du Vallonet, (Basse Savoie).

On peut dire que les gradins que l'on trouve au dessous des canelures sont des canelures circulaires rongées. En effet dès que la roche s'éboulait au-dessus d'une canelure, le glacier s'établissait sur l'emplacement de cette dernière, après avoir emporté les éboulis, après quoi il se trouvait de nouveau en contact avec la roche et pouvait commencer l'édification d'une autre canelure. Le prof. Richter signale des cirques dans des roches tendres où les gradins montent jusqu'en haut ; il appelle ces gradins des *Denudationsniveau*.

Comme autrefois le fond du cirque dut être libre d'éboulis pour que les gradins puissent se former, il dut certainement y avoir un agent de transport qui ne pouvait être autre que le glacier, lequel emportait les blocs qui s'éboulaient continuellement des rochers pour les déposer en aval sous forme de moraine.

De plus on constate au fond du cirque de la boue glaciaire et une absence complète de végétation ; la moraine elle-même est dénudée du côté du cirque tandis que de l'autre côté on trouve de la végétation. Il s'en suit que la base d'un cirque correspond exactement à la place laissée libre par un grand glacier ayant beaucoup de moraine de fond. Ces faits s'observaient nettement dans le cirque supérieur de Koscielisko parce que sans nul doute le glacier ne l'a abandonné que depuis peu.

On trouve aussi sur la base de ces cirques des roches moutonnées comme on peut le constater sur nos levés.

Il ne peut y avoir de doute sur l'agent qui modela toutes ces formes que nous trouvons dans les cirques.

Quant aux stries glaciaires nous n'en avons pas trouvées, sans doute parce que nous n'avons étudié que des cirques creusés dans des roches calcaires, lesquelles n'ont probablement offert, dans ce cas particulier, que peu de résistance aux érosions subaériennes. Il est d'ailleurs aussi difficile de les trouver à cause des éboulis qui recouvrent le fond. Dans le cirque de Gasiennicove stawy, sur les blocs de granit ils sont conservés.

VII

L'ÉROSION DE L'EAU SOUS-GLACIAIRE

Dans les cirques de limite des neiges que nous avons étudiés, nous n'avons pas retrouvé de traces considérables d'écoulement d'eaux. Comme nous l'avons déjà dit, la bosse du milieux n'existe pas, à moins qu'elle ne soit si bien cachée sous les éboulis que nous ne l'avons jamais vue ; d'un autre côté nous n'avons jamais rencontré de lapiaz, probablement pour la même cause.

On peut en déduire qu'il n'y a pas beaucoup de travail fait par les eaux sous-glaciaires dans les cirques de limite des neiges, travail qui, comme on le sait, joue un rôle si important dans les grands glaciers et dans les Ursprungskar[1]. Cependant l'action des eaux sous-glaciaires se révèle par l'existence de la moraine qui ne peut se former qu'à condition que le glacier se déplace et fonde. Toute l'eau de ce glacier n'arrivait évidemment pas à se vaporiser. L'endroit où l'eau se concentrait probablement en plus grande quantité était le milieu de la base puisque c'est, comme on peut le constater, l'endroit le plus bas ; peut-être ensuite s'infiltrait-elle à travers le calcaire du fond, ou bien à travers la moraine. Mais, dans tous les cas, elle n'aidait pas le glacier à creuser son fond ; il est plutôt probable qu'elle servait,— qu'on nous passe l'expression — de « graisse » entre le glacier et son lit.

Nous retrouvons encore la bosse dans des cirques de limite des neiges à petite moraine ; cette petite moraine indique que le glacier n'a pas existé longtemps et qu'il n'a pu, par conséquent, modifier les formes de l'Ursprungskar.

---

[1]) Voir J. Brunhes.

VIII

En examinant la base des cirques de limite des neiges on est parfois frappé de voir tant de cailloutis formant la moraine de fond comme c'est par exemple le cas pour le cirque supérieur de Koscielisko. Il est curieux de trouver le même caractère dans des endroits d'où se sont retirés de grands glaciers (glacier du col de la Grande Casse en Savoie par exemple).

On peut déduire de ce fait que le glacier avait beaucoup de moraine, même peut-être plus que les grands glaciers d'aujourd'hui[1]. Actuellement la vue des énormes cônes d'éboulis permet de juger de la puissance des anciens éboulements[2] ainsi que de la fréquence de ces derniers lorsque le glacier usait les rochers par la base[3].

Toutes ces pierres tombaient sur la glace ; peut-être même arrivaient-elles à percer le mince névé et à former ainsi aussitôt la moraine de fond sur laquelle glissait le glacier[4]. Si en automne le névé disparaissait, il se formait un vide, c'est-à-dire une sorte de rimaye entre le glacier et la paroi dans laquelle tombaient les éboulis arrivant ainsi directement sous le glacier. On retrouve peut-être ce même fait dans les grands fleuves glaciaires.

Tous les débris qui descendaient des pentes situées au-dessus des rochers à pic, soit par les avalanches, soit par l'action des eaux, soit par toute autre cause tombaient aussi sur ou dans le glacier.

Le fait que tout glacier se déplace probablement avec une vitesse directement proportionnelle à son épaisseur, en supposant à peu près les mêmes pentes, et les glaciers de limite des neiges étant d'un très petit volume, et se déplaçant très lentement fait comprendre combien ces glaciers devaient porter d'éboulis.

---

1) Vallot.

2) Nous avons vu que les Ursprungskar avaient très peu d'éboulis et par conséquent en donnaient fort peu au grand glacier.

3) La canelure.

4) Richter.

Les glaciers de limite des neiges étant, comme nous l'avons vu, presque uniquement de glace et leur moraine de fond très abondante, il est possible que l'érosion de fond soit bien puissante. C'est précisément à cause de cette puissance d'érosion, étant donné l'existence antérieure d'un creux que les cirques de limite des neiges sont si encaissés et ont un fond si plat.

L'érosion plus puissante est localisée dans les canelures circulaires lesquelles déterminent les éboulements et c'est pour cette raison que l'ensemble de l'érosion travaille pour l'élargissement du cirque plutôt que pour son approfondissement.

Théorie du mouvement de la glace dans un cirque.

Si l'on considère d'une part combien le mouvement des grands glaciers ordinaires est peu connu et d'autre part que les glaciers des cirques ont des caractères bien spéciaux, on jugera qu'il est difficile d'établir une théorie du mouvement glaciaire dans un cirque. Nous allons quand même essayer d'examiner ces mouvements.

On connaît déjà quelques lois du mouvement des grands glaciers. Voici celles qui nous intéressent le plus.

1. Le glacier se déplace avec une vitesse proportionnelle à la pression de son bassin d'alimentation ; l'inclinaison du fond joue probablement un rôle moins important (sauf dans les glaciers suspendus).

2. La glace dans la langue se tasse au fur et à mesure de sa marche ; sa vitesse est plus considérable au milieu que sur les rebords.

3. Leur vitesse dépend encore de la manière dont leur glace s'élimine.

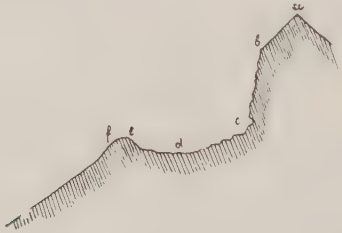
L'écoulement des glaciers des cirques de limite des neiges se fait dans les plus mauvaises conditions, vu que leur fond est ou plat ou relevé du côté de l'aval. Ils n'ont pas de langue d'écoulement. L'eau qu'ils renferment ne peut s'échapper que par infiltration.

La marche des glaciers de cirque est donc très lente dans son ensemble. Mais comme elle est plus rapide à

l'amont (Denudationsniveau) il s'en suit que le glacier doit se tasser beaucoup vers l'aval et peut-être déterminer un glissement de la glace vive sur la glace morte[1]. Et peut-être cette glace possède-t-elle encore d'autres mouvements que nous ignorons. M. Richter signale des mouvements tourbillonnaires engendrés par des forces éoliennes. Nous pensons que des mouvements de ce genre peuvent exister aussi dans un glacier de cirque par suite d'un plus grand poids de glace amené sur un point par un bassin d'alimentation plus vaste et qui, en se portant avec plus de puissance vers la moraine de sortie arrive peut-être à refouler en sens inverse la glace du reste du cirque.

Nous devons encore signaler ce qu'on peut appeler des « bastions ». S'il se produit un éboulement trop considérable sur le glacier, celui-ci ne peut l'emporter tout d'un coup, car ce grand cône d'éboulis s'appuie sur le fond après avoir percé par son poids la glace. Pendant un certain temps le glacier n'érode pas ce point ; il se produit par suite un relèvement que le prof. Fischer appelle « bastion »[2].

En résumé on peut distinguer dans un cirque les surfaces suivantes (v. croquis ci-après et coupe de Brequettaz-Kallaz) :



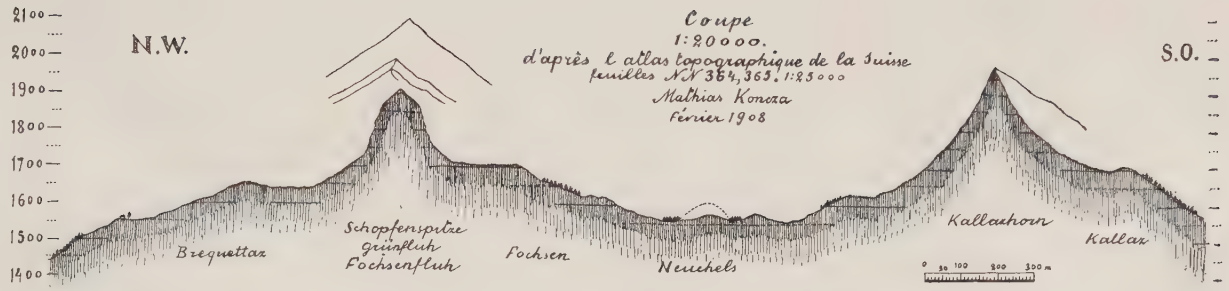
de a à b : surface d'érosion des hauts sommets par le gel et dégel, les avalanches, les vents etc.

de b à c : pente d'écroulement des roches produite par l'éboulement de la corniche qui surplombe la niche (Denudationsniveau)

---

[1]) On applique l'épithète de *morte* à de la glace immobilisée, par contre la glace vive possède un mouvement propre.

[2]) *Geological Magazine* 1872.


Coupe
1:20000.
d'après l atlas topographique de la Suisse
feuilles N° 364, 365. 1:25000
Mathias Konza
Février 1908
N.W.
S.O.
2100
2000
1900
1800
1700
1600
1500
1400
Brequettar
Schopfenspitze
Grünfluh
Fochsenfluh
Fochsen
Neuchels
Kallauhorn
Kallax
0 50 100 200 300 m

d, e : surface d'érosion glaciaire du fond (base)

e, f : moraine en aval de laquelle commence l'érosion fluviale (v. les photographies et les plans topographiques ci-joints).

Si la limite des neiges monte, le glacier disparait, et pendant un certain temps, c'est-à-dire pendant que la limite des neiges n'est pas encore trop élevée, il est remplacé par un cône de neige, lequel souvent ne fond pas de tout l'été. Les éboulis qui descendent du haut glissent sur ce cône de neige et s'amoncellent à son pied. Ils forment alors une moraine qu'on appelle « moraine de névé ».

Ce n'est qu'après la disparition définitive du cône de neige que l'on voit la structure terminale du cirque.

Rappelons en quelques mots l'ensemble des faits énoncés précédemment.

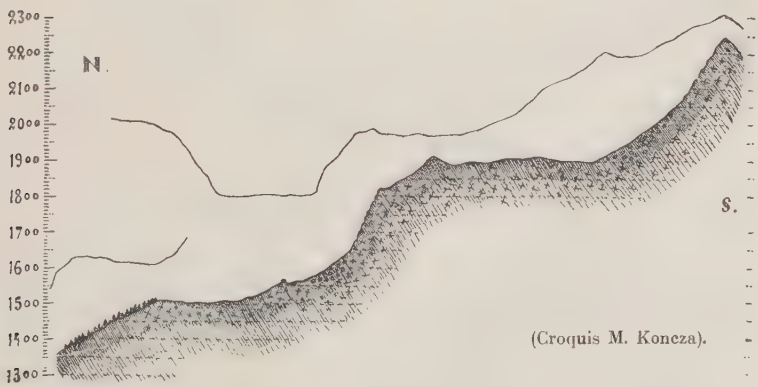
Un creux fluvial de l'époque préglaciaire loge un premier Ursprungskargletscher. Si la calotte glaciaire n'arrive pas à détruire complètement cette petite dépression qui est l'Ursprungskar, celle-ci restera comme Ursprungskar de hauts névés. Ces Ursprungskar de hauts névés deviennent par suite du retrait de la limite des neiges des Ursprungskar de bas névés, lesquels s'encaissent de plus en plus. Il devient ensuite cirque de limite des neiges ; enfin, quand la glace disparaît, il peut encore se former une moraine de névé. Après la disparition définitive du cône de neige apparait dans son ensemble le résultat du travail de plusieurs siècles. Ces cirques deviennent cirques d'avalanches et finiront bientôt par devenir cirques (bassins) de réception torrentiels.

Si deux glaciers de cirque travaillent simultanément les versants opposés d'une montagne, ils déterminent la formation d'une crête séparative excessivement raide et pointue comme une lame de sabre (v. arête qui sépare les cirques de la Chambre aux Chamois et de Combes). Si plusieurs glaciers de cirques travaillent la même montagne, celle-ci finit par avoir l'aspect pyramidal caractéristique des hauts sommets.

Au-dessous et au-dessus de la limite actuelle des neiges existent des Ursprungskar, suivant l'altitude à laquelle ils se trouvent ils sont occupés ou non par des glaciers. Mais les cirques de limite des neiges ne se forment que dans les quelques Ursprungskar situés à l'altitude convenable. Etant donné une limite des neiges, tous les Ursprungskargletscher qui sont situés au-dessous de celle-ci ont disparu ; par contre ceux qui sont encore au-dessus de cette limite se prolongent en langue glaciaire plus ou moins longue selon la distance qui les sépare de cette dernière. Seul l'Ursprungskargletscher qui se trouve convenablement placé par rapport à la limite des neiges forme un cirque de limite.

Ainsi durant le stade de Bühl pendant lequel la limite des neiges passait à environ 1500 mètres, les Ursprungskargletscher qui se trouvaient au-dessous de cette altitude disparaissaient ; ceux qui se trouvaient à environ 1500 mètres, à condition d'être creusés dans des montagnes d'au moins 1800 mètres, devenaient des glaciers de limite des neiges, ceux qui se trouvaient au-dessus de cette limite continuaient à fonctionner normalement.

Ce même fait se reproduit à chaque oscillation suivante de la limite des neiges c'est-à-dire durant chaque stade (Gschnitz et Daun) qui suivit celui de Bühl.



Coupe des cirques du Koscielisko 1 : 20 000. Dans les deux sens.

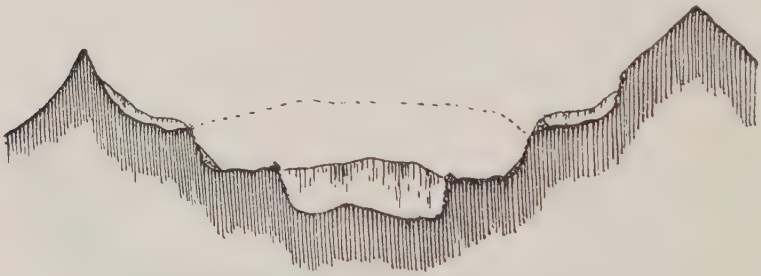
IX

LES CIRQUES EN ESCALIERS

(Kartreppen)

Les parois encaissant de nombreux cirques possèdent avons-nous vu, une structure en gradins. Il ne faut pas confondre ces gradins avec la structure des cirques en escaliers ; en deux mots, on appelle cirques en escaliers des cirques emboîtés les uns dans les autres et séparés l'un de l'autre par une falaise. De beaux exemples de cette structure en escalier nous sont offerts par les cirques de Koscielisko supérieur et inférieur, séparés l'un de l'autre par une falaise d'environ 400 mètres[1], par le double cirque au nord du Moléson, etc.

Nous pouvons encore citer les cirques qui se trouvent au-dessus de l'Unteraargletscher entre le pavillon Dolfus et les sommets Hühnerstock et de Bächlistock.



Croquis schématique des formations des escaliers d'après le prof. Baltzer.

Le prof. Baltzer explique ainsi leur formation : Pendant une des premières grandes périodes de glaciation, le grand fleuve glaciaire recevait en un point donné un gla-

[1]) Le cirque supérieur est un cirque de limite des neiges, l'inférieur est un Ursprungskar.

cier d'Ursprungskar. Il se formait là un escalier. Pendant la glaciation suivante, moins puissante que la précédente, le grand fleuve glaciaire diminué creusait un trog dans son ancien lit. Il se formait par suite un escalier dans l'ancien trog dont il ne reste plus qu'un double palier des deux côtés de la vallée. Sur ces paliers se formait peut-être l'Ursprungskar, (v. le croquis ci-joint).

En regardant la carte des cirques de l'Unteraargletscher, on voit que ce sont seulement les cirques du premier escalier qui sont entourés de parois abruptes qui caractérisent les cirques ; par contre les escaliers intérieurs formés par un glacier à la fois plus jeune et moins puissant se suivent sans interruption, (carte Siegfried, 1 : 50 000, N° 489).

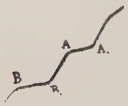
Or dans le cirque inférieur de Koscielisko, il n'est passé aucun grand fleuve glaciaire. Il faut donc chercher une autre explication.

Voyons quelles explications ont été données jusqu'à présent de la formation de ces escaliers.

A. Penck explique la formation de ces cirques en escaliers par les variations de la limite des neiges. Voici son explication telle qu'il la donne dans *Morphologie der Erdoberfläche II, 308 :*

« Diese Entwickelung gilt für die besondere Voraussetzung, dass sich der Umfang des kleinen Gletschers nicht ändert. Wächst derselbe, z. B. von A, so verschiebt sich der Ort der grössten Erosion in entsprechender Weise, z. B. von A' nach B, und während der Gletscher, bei A stille stehend, die Wanne A' ausschürfte, so wird nun bei B' eine Wanne gebildet, vorausgesetzt, dass das Gletscherende längere Zeit bei B verweilt. *Wenn ein Gletscher wächst und im Wachstum Ruhepausen macht, also schritt- oder rückweise sich vergrössert, so kerbt er ebensoviele Karwannen im Gehänge ein, als er beim Wachstum längere Halte gemacht hat.* Gleiches widerholt sich bei seinem Rückwärtsgehen, und dabei wird sich nicht sel-

ten ereignen, dass der sich zurückziehende Gletscher zerreisst, worauf noch lange ein Gletscher in der geschützten Lage der unteren Kammulde über B' existiert, während das Ende des Gletschers schon nach A zurückgegangen ist. Der über B' befindliche Gletscherrest hindert die Ausfüllung der gebildeten Wanne, die Trümer seiner oberen Umrandung rutschen über seine Oberfläche herab, und zur Karwanne gesellt sich eine Schneehaldenfusswanne. So entwickelt sich bei schrittweisem Anwachsen der Schneefelder und Gehängegletscher aus einer Gehängespalte ein mehrfach abgestuftes Kar oder eine Kartreppe.»



La hauteur de limite des neiges n'a beaucoup varié d'après ce que nous connaissons, que pendant l'oscillation (Schwankungen) de Aachen durant laquelle la limite des neiges était à environ 1400 m. en moyenne. Depuis cette oscillation nous ne connaissons pas de notables abaissements de la limite des neiges. L'escalier de 400 m. du cirque de Koscielisko a dû être formé par une variation très forte de la limite des neiges. Mais comme ces cirques se trouvent beaucoup plus haut que la limite des neiges de l'oscillation d'Aachen, ces escaliers n'ont pas pu se former alors.

Ces escaliers sont à une altitude qui correspondait à l'époque de Bühl et de Gschnitz ; par conséquent il ne s'agissait pas dans le cas particulier de petites variations, mais de toute une période glaciaire.

Si l'on admet qu'ils se sont formés par exemple à l'époque de Bühl, (limite de neige de 1500 à 1600 m.) le cirque supérieur n'était pas encore bien formé et le glacier coulant dans le cirque inférieur devait forcément y déposer une moraine.

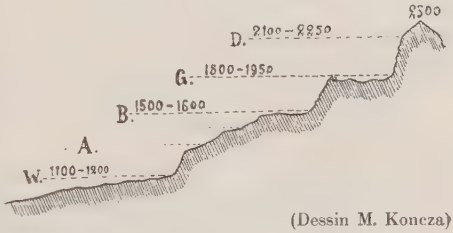
Or la première moraine, c'est-à-dire celle de Bühl, se trouve à côté de la Konczysta, c'est-à-dire à deux kilomètres environ plus bas.

Si le cirque supérieur s'est formé plus tard, eu égard au travail considérable que fit son glacier, on devrait

trouver une énorme moraine. C'est le contraire que l'on constate car la moraine existante est petite.

Enfin puisque l'on trouve la moraine du cirque inférieur beaucoup plus bas et que nous savons que les cirques de limite des neiges ne se forment pas tout seuls, il faut donc chercher une autre explication.

D'après nous les cirques de limite des neiges se formaient certainement à l'endroit où la limite des neiges stationnait.



(Dessin M. Koncza)

Rapport approximatif entre les limites de neiges, établi par A. Penck et E. Brückner pour les différends stades de la dernière glaciation et pour les altitudes des cirques étudiés par nous.

Reculons le plus loin possible, c'est-à-dire jusqu'à l'époque de Würm. Donnons comme altitude aux sommets environnants 2300 mètres (comme au cirque de Koscielisko). Quand la limite des neiges a été à 1100 mètres, il s'est formé un premier cirque, admettons 30 m. plus bas : c'est le cirque I W du croquis ci-joint ; les autres n'existaient pas encore. Quand la limite des neiges a été de 1500 à 1600 mètres, le cirque devient libre de glace et le cirque II B put se former, et ainsi de suite.

Nos deux cirques se trouvent à 1500 et 1890 m. ; ils peuvent être du stade de Bühl et de Gschnitz. Le cirque de Würm n'existe naturellement plus, l'érosion fluviale l'ayant détruit. Le cirque n° 4 (Daun) n'existe pas parce que la limite des neiges était à cette époque trop près des sommets.

Comme dans le cirque intérieur II B nous ne trouvons pas de moraine, il faut conclure que la langue de son glacier dépassait de beaucoup le cirque. Voyons s'il ne devait pas en être ainsi, même théoriquement, pour tous les cirques inférieurs.

Pendant l'époque de Würm les langues glaciaires descendaient très bas ; mais c'est une époque si éloignée qu'on peut la négliger pour nos cirques. Si on regarde la carte de glaciation du canton de Fribourg, faite par le Dr F. Nussbaum[1], on verra que toutes les montagnes qui ont plus de 2000 m. sont couverts par des fleuves de glace qui descendent à 1000 — 1300 mètres. On ne rencontrait de petits cirques que sur de bas sommets (comme la Berra 1600—1700 m.). Par conséquent les *cirques de limite des neiges pendant le stade de Bühl ne pouvaient pas se développer sur des montagnes de plus de 1700 m.* (sauf exception).

Pendant le stade de Gschnitz, les glaciers situés sur des sommets de 2200 m. ont encore tendance à donner une petite langue et nous les trouvons bien formés sur des sommets de 2000—2100 m ; par conséquent les cirques de limite des neiges ne purent se former pendant le stade de Gschnitz que sur des sommets ne dépassant pas 2100 m.

Si nous admettons que les cirques se forment tout seuls, ils ne peuvent pas avoir d'escaliers ; comme ces derniers existent il faut chercher une autre explication à leur formation.

Nous savons déjà qu'il y a des creux qui proviennent des Ursprungskargletscher. D'autre part nous venons de voir que les escaliers ne peuvent pas exister si les cirques de limite des neiges se forment tout seuls. Donc comme ces escaliers existent, les cirques de limite des neiges ont dû s'installer dans les Ursprungskar[2].

Le cirque supérieur de Koscielisko a été par conséquent pendant le stade de Bühl un Ursprungskar tandis que le cirque inférieur est encore un Ursprungskar.

Cette forme en escaliers entre les deux cirques a déjà existé sous le névé du grand glacier, et le glacier du cirque de limite des neiges n'a fait que modifier un peu dans l'époque de Gschnitz le cirque supérieur.

[1]) Nous l'avons constaté déjà.

[2]) Voir nos observations sur la formation d'un cirque.

Il nous semble qu'on peut étendre cette théorie à tous les cirques encaissés.

S'il y a des escaliers entre des cirques, celui d'en-haut seul peut-être cirque de limite des neiges.

Si les Ursprungskar sont encaissés entre des falaises de plus de 300 mètres[1], il ne se produira pas de glaciers de limite des neiges.

On arrive ainsi à concevoir que l'escalier d'Ursprungskar se forme peut-être à l'endroit de limite des neiges.

Pourquoi sous le névé existe-t-il déjà des escaliers? Nous l'ignorons. Nous avons fait le levé du cirque de *Gasiennicowe stawy* (type des cirques étudiés par E. de Martonne) croyant pouvoir donner une explication mais nous ne sommes arrivés à aucun résultat.

(Phot. M. Koncza).

Cirque du Grand Chalet 1696 m., dans la vallée de la Brecca.

A-t-on définitivement expliqué cet apparent caprice du glacier de former des bosses, des barres, des irrégularités? Pareillement a-t-on vraiment expliqué les marches des cirques en escalier? Nous n'osons contredire radi-

[1]) L'ensemble des altitudes.

calement les théories existantes ; mais elles ne nous satisfont pas.

Dans ce travail, nous n'avons étudié, comme on pourra s'en rendre compte par nos photographies, qu'un type des cirques encaissés et non les cirques suspendus[1] et tous les autres genres de ces formes post-glaciaires, lesquels ont peut-être des lois de formation spéciales.

Après avoir défini un certain nombre de cirques de limite des neiges, nous allons essayer de définir l'altitude de la limite même par rapport aux cirques.

Nous croyons que la limite des neiges passe entre le glacier et les hauts névés, par conséquent approximativement un peu au-dessus du fond du cirque. Il faut tenir compte de la quantité de glace qui a pu exister dans le glacier du cirque, laquelle est elle-même en rapport avec la hauteur, la surface totale du cirque etc.

Après avoir défini ainsi ou par toute autre méthode pour plusieurs cirques la limite des neiges, on peut reconstituer dans son ensemble cette limite.

Localisation des cirques de limite des neiges.

Nous avons démontré que les cirques de limite des neiges ne peuvent exister que sur l'emplacement même des Ursprungskar ; tâchons de voir maintenant où se trouvent ces derniers. Les petits glaciers d'Ursprungskar existent actuellement à une altitude très élevée ; ils se trouvent accrochés sur les flancs d'un important fleuve glaciaire qu'ils alimentent par leurs chutes de glaces. A une altitude inférieure, souvent dans le même bassin, s'opère le phénomène de séparation de quelques branches affluentes du glacier principal, en formant d'une telle manière des glaciers de cirques de limite des neiges ; nous avons actuellement un exemple typique de ce procédé sur les Unteraargletscher près du pavillon Dolfus. (L'altitude approximative de ces cirques séparés est de 2500—2600 m.)

[1]) Comme par ex. le cirque de Creux Noir, au-dessus du sommet du même nom, col de la Vanoise.

Les montagnes dont l'ensemble des sommets est à une altitude moyenne de 2700—2900 m. peuvent donner naissance à des glaciers de cirques de limite des neiges encore en plein travail.

Nous devons donc rechercher les cirques déjà abandonnés par la glace, à une altitude plus ou moins basse.

La limite inférieure à laquelle nous retrouvons maintenant ces formes, est environ à l'altitude de 1500 m.; les cirques qui existaient peut-être plus bas ont été détruits par l'érosion fluviale. (Ceux qui se trouvent entre 1500 et 1600 m. appartiennent au stade de Bühl étudié par Penck et Brückner.) Or les Ursprungskar dans lesquels peuvent se placer les glaciers de la limite des neiges se trouvent à une altitude entre 1500 et 2300 m. environ. Voyons à présent lesquels de ces Ursprungskar seront favorables pour les glaciers de limite des neiges[1].

L'examen de la carte des glaciations du canton de Fribourg, dressée par F. Nussbaum, nous révèle que toutes les montagnes supérieures à l'altitude 1800—1900 m. ont eu de grandes coulées de glace, donc les cirques concernant ce stade ne se trouveront qu'aux flancs des montagnes ne dépassant pas les 1900 m. (Nous proposons les cirques de la Berra, 1723 m. d'alt., comme exemple.)

Par la même carte et aussi par nos études, nous avons pu constater que la haute région correspondante au canton de Fribourg a été favorable au développement des cirques du stade de Gschnitz (1800—1950 m.). De là il est facile de conclure que les cirques de limite des neiges ne peuvent pas se former sur les montagnes inférieures de 300 m. environ par rapport à la limite des neiges. Or, à défaut d'un exemple que nous connaissons, il nous est permis de supposer que pendant le stade de Daun (2200 m. environ) les cirques pouvaient se développer seulement sur les montagnes d'environ 2500—2600 m. (les autres conditions accomplies).

---

[1]) Il convient de se rappeler que les Ursprungskar peuvent être au-dessus et au-dessous de la limite de neige. On sait que la limite peut varier d'un versant à l'autre.

X

Une remarque intéressante et d'ordre général est que les cirques (des deux types) n'existent absolument pas dans les vallées anciennement occupées par de grands glaciers et même quelquefois dans les régions recouvertes par les calottes glaciaires, car, ou bien ils n'ont pas pu se former, ou bien ils ont été détruits.

Dans les Tatra, qui sont en ce moment libres de glaces, le nombre de cirques est très considérable ; ils se développèrent pendant les stades de Bühl, Gschnitz et Daun. Nous n'avons trouvé des traces bien marquées de ce dernier que sur les cartes topographiques. Ainsi il y a bien eu des époques glaciaires, mais non pas de recouvrement total par une calotte glaciaire comparable à celle des Alpes suisses.

D'après nos études dans le canton de Fribourg, nous pouvons supposer qu'il y avait des glaciers qui ont fonctionné pendant le stade de Daun. Nous avons dans le cirque d'Oberhaus, qui est du stade de Gschnitz, une moraine qui se trouve davantage dans l'intérieur et beaucoup plus fraîche et donc postérieure au stade de Gschnitz, nous trouvons le même fait aussi dans les cirques du massif du Vanil-Noir. On peut donc dire qu'il y avait encore des glaciations après le stade de Gschnitz, c'est-à-dire dans le stade de Daun.

CURRICULUM VITAE

Je suis né le (18) 30 juillet 1884 à Szeszolki en Lithuanie, de Paul de Koncza et de son épouse Gabrielle, née Comtesse Mielzynska.

Après avoir terminé les trois premières classes de l'école réale de Vilno (1895—1898) je me rendis à Pétersbourg où j'entrai au corps militaire des officiers de marine, que je quittai en 1901 avec un diplôme de maturité de cet établissement.

En novembre 1901 je fus immatriculé à l'Université de Fribourg (Suisse) où j'acquis en 1905 le grade de licencié ès-siences naturelles.

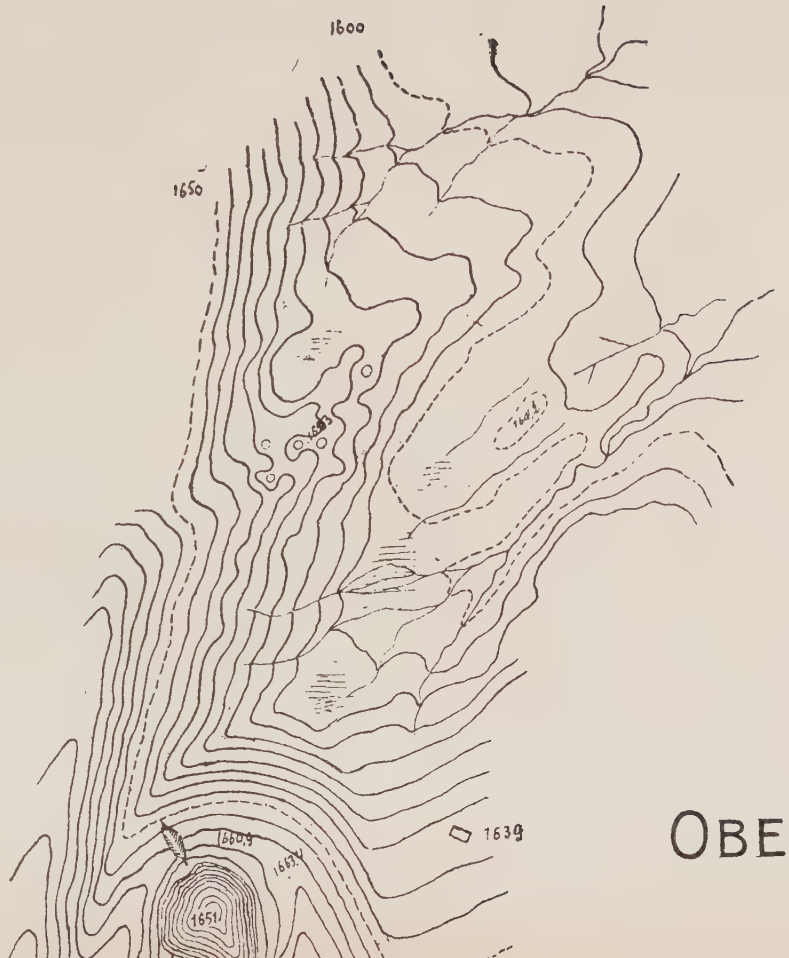
Après avoir passé l'année scolaire 1905—06 à Paris, à l'école libre des sciences politiques, je rentrai en automne 1906 à l'Institut géographique de l'Université de Fribourg, dirigé par M. le prof. Jean Brunhes, pour me livrer spécialement à l'étude de cette branche.

Au mois de mai 1906 je pris part à l'excursion scientifique organisée par M. le prof. Gallois, dans le massif central Français.

Enfin, le 21 mars 1908, j'acquis le grade de Docteur ès-sciences naturelles de l'Université de Fribourg.

Grâce aux études faites sous la direction de M. le professeur Jean Brunhes, il m'a été permis d'écrire la présente étude. Aussi je tiens à lui exprimer ici toute ma reconnaissance, ainsi qu'aux prof. Baumhauer, Bistrzycki, Estreicher, de Girard, Kathariner et de Kowalski.

J'adresse également mes remercîments à mes camarades MM. C. Calciati, F. Garrick et G. Michel, qui ont contribué à mon ouvrage en m'aidant, soit dans mes travaux en montagne, soit dans la traduction et la correction finale.



CIRQUE
DE
OBERHAUS (KAISEREGG)
1: 5000

L

CIRQUE DE BREQUETTAZ-KESSEL

1:5000

équidistance 5 m.
levé à la règle à éclimètre
et dessiné par

MATHIAS KONCZA

Juillet 1907